

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. August 2005 (11.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/072995 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B60C 23/06**

Hannover (DE). **CUNZ, Jörg** [DE/DE]; Hangstrasse 4,
63599 Biebergemünd (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/050450

(74) **Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG
& CO. OHG**; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Februar 2005 (02.02.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 005 173.9 2. Februar 2004 (02.02.2004) DE

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**
[DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main
(DE). **CONTINENTAL AG** [DE/DE]; Vahrenwalder
Strasse 9, 30165 Hannover (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KÖBE, Andreas**
[DE/DE]; Nibelungenstr. 26, 64625 Bensheim (DE).
EDLING, Frank [DE/DE]; Seebachstr. 37, 65929
Frankfurt am Main (DE). **GRIESSER, Martin** [DE/DE];
Akazienweg 8a, 65760 Eschborn (DE). **KOUKES,**
Vladimir [DE/DE]; Weidigweg 25, 64297 Darmstadt
(DE). **GOOTJES, Lennert** [NL/DE]; Nedderfeld Str.
8, 30451 Hannover (DE). **HOFMANN, Maik** [DE/DE];
Über der Flüte 5, 31848 Bad Münde (DE). **KOHN,**
Joachim [DE/DE]; Droste Str. 33, 30161 Hannover (DE).
RUNGE, Ines [DE/DE]; Wunstorfer Strasse 33, 30543

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** METHOD FOR INDIRECT TYRE PRESSURE MONITORING

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR INDIREKTEN REIFENDRUCKÜBERWACHUNG

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for indirect tyre pressure monitoring, comprising the following steps: learning of test variables (DIAG, SIDE, AXLE) describing the rotational movement of the wheels, the rolling circumference differences (Δ DIAG, Δ SIDE, Δ AXLE) are determined from actually determined test variables and the learnt test variables, at least one torsion natural frequency f_p for at least one tyre from the oscillation behaviour of the individual tyres is learnt, at least one displacement of the torsion natural frequency f_p from at least one actually determined torsion natural frequency and from the at least one learnt torsion natural frequency is determined, and the roll circumference differences (Δ DIAG, Δ SIDE, Δ AXLE) are combined with the at least one displacement of the torsion natural frequency f_p in a common warning strategy in order to recognise and indicate a loss in tyre air pressure. The invention further relates to a computer program product corresponding to the above-mentioned method.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur indirekten Reifendrucküberwachung, mit den Schritten: Einlernen von Prüfgrößen (DIAG, SIDE, AXLE), welche die Raddrehbewegungen der Räder beschreiben, Bestimmen von Abrollumfangsdifferenzen (Δ DIAG, Δ SIDE, Δ AXLE) aus aktuell ermittelten Prüfgrößen und den eingelernten Prüfgrößen, Einlernen mindestens einer Torsionseigenfrequenz f_p für mindestens einen Reifen aus dem Schwingungsverhalten der einzelnen Reifen, Bestimmen mindestens einer Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p aus mindestens einer aktuell ermittelten Torsionseigenfrequenz und aus der mindestens einen eingelernten Torsionseigenfrequenz, und Verknüpfen der Abrollumfangsdifferenzen (Δ DIAG, Δ SIDE, Δ AXLE) mit der mindestens einen Verschiebung der Torsionseigenfrequenz f_p in einer gemeinsamen Warnstrategie zur Erkennung und Bewarnung eines Reifenluftdruckverlusts. Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt entsprechend dem obigen Verfahren.

WO 2005/072995 A1

Verfahren zur indirekten Reifendrucküberwachung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 und ein Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 17.

In modernen Kraftfahrzeugen finden vermehrt Systeme Anwendung, welche zu einem aktiven oder passiven Schutz der Insassen beitragen. Systeme zur Reifendrucküberwachung schützen die Fahrzeuginsassen vor Fahrzeugschäden, welche beispielsweise auf einen abnormalen Reifenluftdruck zurückzuführen sind. Durch einen abnormalen Reifenluftdruck kann sich beispielsweise der Reifenverschleiß und der Kraftstoffverbrauch erhöhen oder es kann zu einem Reifendefekt („Reifenplatzer“) kommen. Es sind bereits verschiedene Reifendrucküberwachungssysteme bekannt, welche entweder auf Basis direkt messender Sensoren arbeiten oder durch Auswertung von Drehzahl- oder Schwingungseigenschaften der Fahrzeugräder einen abnormalen Reifendruck erkennen.

Aus der DE 100 58 140 A1 ist ein sogenanntes indirekt messendes Reifendrucküberwachungssystem (DDS) bekannt, welches durch Auswertung der Raddrehbewegung einen Reifendruckverlust detektiert.

Aus der EP 0 578 826 B1 ist ein Reifendruckmesser bekannt, welcher auf Basis von Reifenschwingungen einen Druckverlust in einem Reifen ermittelt.

In der WO 01/87647 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reifendrucküberwachung beschrieben, welche/s ein auf der Erfassung von Radradien basierendes Reifendrucküberwachungssystem und ein auf der Auswertung von Schwingungseigenschaften basierendes Reifendrucküberwachungssystem kombiniert.

- 2 -

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Reifendrucküberwachung bereitzustellen, welches ein bekanntes indirekt messendes Reifendrucküberwachungssystem durch Berücksichtigung der Torsions-eigenfrequenzen dahingehend verbessert, dass die sichere Erkennung eines abnormalen Reifenluftdrucks erhöht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Vorzugsweise werden die Prüfgrößen (DIAG, SIDE, AXLE) gleichzeitig bestimmt/ eingelernt. Um Rechenleistung des verwendeten Prozessors/ Mikrocomputers zu sparen werden in einer weiteren bevorzugten Ausführung die Prüfgrößen (DIAG, SIDE, AXLE) nacheinander bestimmt/ eingelernt.

Die Bestimmung der Abrollumfangsdifferenzen (Δ DIAG, Δ SIDE, Δ AXLE) aus den aktuell ermittelten und den gelernten Prüfgrößen (DIAG, SIDE, AXLE) erfolgt vorzugsweise in identischen Geschwindigkeits-, und/oder Radmomenten-, und/oder Querbeschleunigungsintervallen.

Es ist weiterhin bevorzugt, dass das Einlernen bei dem vorgeschriebenen Reifensolldruck erfolgt.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus den Unteransprüchen hervor. Die Erfindung wird im folgenden anhand mehrerer Ausführungsformen beschrieben.

Ausgehend von einem bekannten indirekt messenden Reifendrucküberwachungssystem (DDS), welches beispielsweise in der DE 100 58 140 A1 beschrieben ist, werden zusätzlich die Schwingungseigenschaften des Reifens betrachtet. Die Erfindung nutzt den Effekt aus, dass sich die Schwingungseigenschaften des Reifens (z. B. die Torsions-eigenfrequenz) hauptsächlich aufgrund einer Veränderung des Reifenluftdrucks ändern.

- 3 -

Die Torsionseigenfrequenz f_p des Reifens wird z. B. mit Hilfe einer Frequenzanalyse (z. B. Fourier-Transformation) der Raddrehzahlsignale und anschließender Bestimmung der Frequenz, für die z. B. ein Amplitudenmaximum im Frequenzspektrum vorliegt, ermittelt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird wie das indirekt messende Reifendrucküberwachungssystem (DDS) gestartet, d. h. der Fahrer muss das System z. B. per Taster zurücksetzen (Reset), wenn die Reifendrucke angepasst wurden bzw. Reifen oder Räder gewechselt worden sind. Nach dem Reset erfolgt eine Lernphase, wobei es sich zur Steigerung der Genauigkeit empfiehlt, exakt denselben Zeitraum für das Lernen vorzusehen wie bereits bei dem bekannten indirekten Reifendrucküberwachungssystem (DDS).

In einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur indirekten Reifendrucküberwachung werden die druckbedingten Änderungen des Abrollumfangs des indirekt messenden Reifendrucküberwachungssystems (DDS) bestimmt, wobei eine Warnung hinsichtlich eines Reifendruckverlusts ausgegeben wird, wenn festgelegte (Warn-) Schwellen überschritten werden. Diese Schwellen werden abhängig von den druckbedingten Änderungen der Schwingungseigenschaften festgelegt.

Das indirekt messende Reifendrucküberwachungssystem (DDS) ist hierbei so ausgelegt, dass es einen Reifendruckverlust an bis zu drei Radpositionen (Rad vorne links, Rad vorne rechts, Rad hinten links, Rad hinten rechts) erkennen kann. Hierzu werden drei Prüfgrößen (DIAG, SIDE, AXLE) gleichzeitig oder nacheinander bestimmt, wobei in jede Prüfgröße (DIAG, SIDE, AXLE) Größen eingehen, welche die Raddrehbewegungen der Räder beschreiben, wie beispielsweise die Umdrehungszeiten einer Radumdrehung, der Abrollumfang, etc.. Die Prüfgrößen bestehen im wesentlichen aus einem Quotienten in dessen Zähler und Nenner jeweils die Summe zweier die Raddrehbewegungen beschreibender Größen stehen. In dem Zähler der Prüfgröße DIAG steht beispielsweise die Summe der Größen der Raddrehbewegung der zwei sich diagonal gegenüberliegenden Räder (z. B. Rad vorne

links und Rad hinten rechts), wohingegen im Nenner die Summe der übrigen Größen der Raddrehbewegungen steht (z. B. Rad vorne rechts und Rad hinten links). Bei der Prüfgröße SIDE stehen im Zähler beispielsweise die Größen der Raddrehbewegungen einer Fahrzeugseite (z. B. Rad vorne rechts und Rad hinten rechts), wohingegen bei der Prüfgröße AXLE im Zähler die Größen der Raddrehbewegungen der Räder einer Achse (z. B. Rad vorne rechts und Rad vorne links) stehen. Die Nenner werden jeweils aus den übrigen Größen der Raddrehbewegungen gebildet. Diese Prüfgrößen werden in verschiedenen Geschwindigkeits-, Radmomenten- und Querschleunigungs- oder Gierratenintervallen ermittelt. Weiterhin werden Abrollumfangsdifferenzen zur Druckverlustbewarnung (Δ DIAG, Δ SIDE, Δ AXLE) zwischen aktuellen und gelernten Werten bestimmt. Diese Abrollumfangsdifferenzen werden folglich auch in den Intervallen aus einem aktueller Wert und dem zum aktuellen Intervall gehörigen Lernwert bestimmt.

Verallgemeinert erfolgt die Bestimmung von Druckverlusten an einem oder mehreren Reifen mittels des indirekt messenden Reifendrucküberwachungssystems (DDS) unter Auswertung der Abrollumfangsdifferenzen Δ DIAG, Δ SIDE und Δ AXLE. In einer besonders einfachen Ausgestaltung wird hierbei folgende Bedingung ausgewertet:

$$\begin{aligned} &\text{Max1}\{|\Delta\text{DIAG}|, |\Delta\text{SIDE}|, |\Delta\text{AXLE}|\} + \\ &\text{Max2}\{|\Delta\text{DIAG}|, |\Delta\text{SIDE}|, |\Delta\text{AXLE}|\} > 2 \cdot S_{\text{eff}} \end{aligned} \quad (1)$$

wobei Max1 den größten Wert und Max2 den zweitgrößten Wert aus der Menge der Beträge der Differenzen der drei berücksichtigten Abrollumfangsdifferenzen $\{|\Delta\text{DIAG}|, |\Delta\text{SIDE}|, |\Delta\text{AXLE}|\}$ darstellt. S_{eff} bezeichnet hierbei die Schwelle für die Druckverlustwarnung. Diese Schwelle S_{eff} wurde bisher bei dem indirekt messenden Reifendrucksystem (DDS) nur fahrzeugspezifisch bzw. reifenspezifisch vorgegeben. Diese Schwelle S_{eff} wird, wie weiter unten beschrieben, durch die druckbedingten Änderungen der Schwingungseigenschaften festgelegt. Ist Bedingung (1) erfüllt, so wird eine Druckverlustwarnung

- 5 -

ausgegeben, wobei die Druckverlustwarnung aufgrund der nicht idealen Bedingungen (Rauschen bzw. allgemeine Störungen) im Fahrzeug erst ausgegeben wird, wenn eine statistische Absicherung, z. B. signifikante Überschreitung der Schwelle, Beobachtung über einen längeren Zeitraum oder andere, bekannte statistische Bewertungen, vorliegt.

Zur Berechnung der (Warn-) Schwelle S_{eff} werden die Abrollumfangsdifferenzen (ΔDIAG , ΔSIDE , ΔAXLE) so interpretiert, dass sich für die verschiedenen Reifen des Fahrzeugs die einzelnen Anteile an den Abrollumfangsänderungen ΔU_i bestimmen lassen. Die Werte ΔU_i beschreiben dabei, wie groß die einzelnen Abrollumfangsabweichungen an einem von drei Rädern i bezogen auf das vierte Rad j sind. Da das indirekt messende Reifendrucküberwachungssystem (DDS) Abweichungen der Räder untereinander bewertet, ist dieser Bezug auf ein viertes Rad erforderlich. Für das vierte Rad j gilt folglich $\Delta U_j = 0$. Der Zusammenhang lautet also:

$$\{\Delta U_i, i=1,2,3\} = f(\Delta\text{DIAG}, \Delta\text{SIDE}, \Delta\text{AXLE})$$

Welches Rad $j \neq i$ die geringste Veränderung erfahren hat und damit zur Bezugsgröße wird, ist ebenfalls Ergebnis dieser Betrachtung, die unten näher erläutert wird. Die Werte ΔU_i können einerseits direkt zur Druckverlustwarnung herangezogen werden, wofür gilt dass ΔU_i die Warnschwelle für eine Abrollumfangsänderung S_0 überschreiten muss und wobei dem Fahrer sogar die betroffene Position angezeigt werden kann. Andererseits können diese radspezifischen Abrollumfangsänderungen ΔU_i in der Warnstrategie verwendet werden, um zusammen mit den per Frequenzanalyse beobachteten Veränderungen die Schwelle S_{eff} für eine Druckverlustwarnung anzupassen. Grundidee ist dabei, dass bei Vorliegen einer guten Korrelation zwischen beiden Verfahren (DDS und Frequenzanalyse), die Schwelle S_{eff} entsprechend den Ergebnissen der Frequenzanalyse verändern, insbesondere absenken, zu können. Liegt dagegen eine schlechte

- 6 -

Korrelation, also ein Widerspruch vor, darf die Schwelle nicht verändert, insbesondere reduziert, werden.

Zunächst wird die genaue Vorgehensweise zur Bestimmung der ΔU_i -Werte näher erläutert. Dabei wird zuerst eine Hilfsgröße U_i eingeführt, welche die Abrollumfangsveränderung an einer Position i bezogen auf den gelernten Zustand beschreibt. Die gesuchte Größe ΔU_i bezeichnet dagegen die Abrollumfangsveränderung U_i an der Position i bezogen auf die Abrollumfangsveränderung U_j an der Position mit der kleinsten Abrollumfangsveränderung j , es gilt also $\Delta U_i = U_i - U_j$. Zur Berechnung der Anteile der Abrollumfangsveränderungen U_i , die auf die einzelne Radposition entfallen, wird folgende Linearkombination betrachtet:

$$(\Delta \text{DIAG}, \Delta \text{SIDE}, \Delta \text{AXLE})^T = \sum (U_i * R_i) \quad \text{mit } i = 0 \dots 3 \quad (2)$$

(wobei $i = 0 \dots 3$ Rad vorne links, Rad vorne rechts, Rad hinten rechts, Rad hinten links bedeutet)

und den Druckverlustvektoren R_i nach folgender Definition:

$$R_0 = \{-1, -1, -1\}^T$$

$$R_1 = \{1, 1, -1\}^T$$

$$R_2 = \{-1, 1, 1\}^T$$

$$R_3 = \{1, -1, 1\}^T$$

In dieser Definition ist durch die gewählten Vorzeichen der Vektoren berücksichtigt, dass nur Druckverluste und damit Abrollumfangsverringerungen im Betrieb zu erwarten sind und diese Abrollumfangsverringerungen als positive U_i definiert sind.

Das Gleichungssystem (2) umfasst drei Gleichungen mit den vier Unbekannten U_i und ist damit ohne zusätzliche Bedingung nicht lösbar. Setzt man zunächst voraus, dass die Radposition j mit dem niedrigsten Druckverlust bekannt ist, kann folgende Substitution erfolgen:

- 7 -

$$\Delta U_i = U_i - U_j \text{ mit } U_j = \text{Min}(\{U_i\})$$

$$(\Delta \text{DIAG}, \Delta \text{SIDE}, \Delta \text{AXLE})^T = \sum (\Delta U_i * Ri) \text{ mit } i = 0 \dots 3, i \neq j \quad (3)$$

Da die Position j unbekannt ist, muss das Gleichungssystem viermal unter Variation von j mit $j = 0 \dots 3$ gelöst werden. Aus der Menge der vier möglichen Lösungen L_j

$$L_j = \{\Delta U_i, i = 0 \dots 3, i \neq j\}_j \quad j = 0 \dots 3$$

ist nur die Lösung L_j korrekt, für die alle ΔU_i positive Werte annehmen (wie per Definition festgelegt), d. h.

$$L_j = L_{j_Lösung}: \Delta U_i \geq 0 \text{ für } i = 0 \dots 3, i \neq j$$

Die korrekte Lösung L_j enthält also die einzelnen Anteile der Abrollumfangsänderungen, die in die Warnstrategie einfließen.

Das indirekt messende Reifendrucküberwachungssystem (DDS) erkennt einen Reifendruckverlust daran, dass eine Grundwarnschwelle S überschritten wird. Diese Grundwarnschwelle S wird dem indirekt messenden Reifendrucküberwachungssystem (DDS) beispielsweise in Abhängigkeit von fahrzeug- und/oder reifenspezifischen Gegebenheiten vorgegeben. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird demgegenüber eine angepasste Schwelle S_{eff} (siehe Gleichung (1)) verwendet, bei deren Überschreitung eine Druckverlustwarnung ausgegeben wird. Die angepasste Schwelle S_{eff} wird hierbei aus der Grundwarnschwelle S und einer Schwellenabsenkung ΔS bestimmt, wobei die Schwellenabsenkung ΔS von der Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p und einem Korrelationswert K beeinflusst wird.

$$S_{\text{eff}} = S * (1 - \Delta S(\Delta f_p, K)) \quad (4)$$

- 8 -

Die angepasste Schwelle S_{eff} hängt also einerseits von der Güte der Korrelation zwischen den Ergebnissen für die Abrollumfangsänderungen und den Ergebnissen für die Frequenzanalyse ab. Andererseits legt die Höhe des durch die Frequenzanalyse bewerteten Druckverlusts die Schwellenanpassung fest. Durch die Berücksichtigung der Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p wird sichergestellt, dass die Anpassung, insbesondere die Absenkung, der Schwelle S_{eff} proportional zu dem ermittelten Druckverlust der Frequenzanalyse erfolgt, größere Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p führen also zu einer größeren Absenkung der angepassten Schwelle S_{eff} .

Der Korrelationswert K beschreibt dabei die Korrelation zwischen den Ergebnissen für die Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p und den Ergebnissen für die Abrollumfangsänderung ΔU_i wie oben beschrieben. Diese Korrelation wird bevorzugt über alle Räder bestimmt, sie kann aber auch radindividuell bestimmt werden. Bei dem indirekt messenden Reifendrucküberwachungssystem (DDS) werden, wie beschrieben, die Abweichungen von drei Rädern i im Verhältnis zum vierten Rad j berechnet. Zur Korrelation müssen folglich auch Unterschiede der Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p eines jeden der drei Räder i bezogen auf dieses vierte Rad j betrachtet werden, d. h. $\Delta f_{p,i} - \Delta f_{p,j}$. Dieser Korrelationswert K dient zur Bewertung, ob beide Verfahren (DDS und Frequenzanalyse) dieselben Positionen für die Druckverluste und auch für die Höhe der Druckverluste gefunden haben. Bei guter Übereinstimmung wird dieser Korrelationswert K groß und bei Widersprüchen wird er klein bzw. zu Null, so dass dann keine Schwellenabsenkung vorgenommen wird. Wird das System so ausgelegt, dass eine gegenseitige Plausibilisierung von DDS und Frequenzanalyse erfolgt, so wird bei unzureichender Korrelation auch eine Druckverlustwarnung vollständig verhindert.

Die Schwellenabsenkung ΔS wird wie folgt berechnet:

$$\Delta S(\Delta f_p, K) = K \cdot \max_1(\{\Delta f_{p,i}\}) \quad (5)$$

- 9 -

mit i = Rad vorne links, Rad vorne rechts, Rad hinten links, Rad hinten rechts

wobei $\max_1(\{\Delta f_{p,i}\})$ den größten über die Frequenzanalyse festgestellten Druckverlust bezeichnet. Zur Berechnung von K werden ΔU_i und $(\Delta f_{p,i} - \Delta f_{p,j})$ so auf eine individuelle Schwelle normiert, dass ein Wert von 100 % einer Warnschwelle für eine Druckverlustwarnung durch das Einzelsystem entspricht. Für die normierten Werte ΔU_n gilt also

$$\Delta U_{n,i} = \Delta U_i / S_U \quad \text{und} \quad \Delta f_{p,n,i} = (\Delta f_{p,i} - \Delta f_{p,j}) / S_f$$

wobei S_U die individuelle Schwelle für eine Bewarnung von Abrollumfangsveränderungen und S_f die individuelle Schwelle für eine Bewarnung von Frequenzveränderungen bezeichnet.

Mit den normierten Werten ΔU_n und $\Delta f_{p,n}$ wird nun der Korrelationswert nach

$$K = \frac{\sum (\Delta U_{n,i} * \Delta f_{p,n,i})}{\sqrt{\sum (\Delta U_{n,i})^2 * \sum (\Delta f_{p,n,i})^2}}$$

berechnet, wobei i drei der vier möglichen Werte aus der Menge { Rad vorne links, Rad vorne rechts, Rad hinten links, Rad hinten rechts } annimmt, so dass für den vierten Wert j gilt $\Delta U_{n,i} = 0$. Für den Fall, dass K negativ wird, wird der Wert auf Null begrenzt, so dass es nicht zu einer Schwellenerweiterung kommt.

In der weiter unten stehenden Tabelle wird die Bedeutung der angegebenen Gleichungen anhand von Zahlenbeispielen veranschaulicht.

Die Raddrehbewegung, welche bei dem bekannten Reifendrucküberwachungssystem ausgewertet wird, und die Schwingungseigenschaft des

- 10 -

Reifens hängen weitgehend von den Reifendimensionen (Reifenbreite, Reifenhöhe, Reifendurchmesser) und den Materialeigenschaften (Radial- oder Diagonalreifen, Gummimischung des Reifens etc.) des Reifens ab. Da ein Fahrzeug zumeist mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Reifengrößen und Reifentypen ausgestattet werden kann, ist es sinnvoll, dies bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zu berücksichtigen. Diese Berücksichtigung erfolgt in einem ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens durch eine Lernphase, in welcher die Reifeneigenschaften, insbesondere die Druckempfindlichkeit (df_p/dp), der verwendeten Reifen eingelernt wird. Das Lernen der individuellen Druckempfindlichkeit (df_p/dp) eines jeden Reifens am Fahrzeug erfolgt durch die Ausnutzung der Druckveränderungen während des Aufwärmens oder Abkühlens der Reifen im Betrieb. Sind die Reifeneigenschaften eingelernt, so werden die Raddrehbewegungen, beispielsweise die Veränderungen der Abrollumfänge der Räder, und die Schwingungseigenschaften der Reifen in einer gemeinsamen Warnstrategie wie oben beschrieben miteinander verknüpft. Die Kriterien (DIAG, SIDE, AXLE, Δf_p) für die Raddrehbewegungen und die Schwingungseigenschaften werden in Geschwindigkeits- und Radmomentenbereichen eingelernt. Die Geschwindigkeits- und Radmomentenbereiche für die Raddrehbewegungen und die Schwingungseigenschaften müssen hierbei nicht gleich sein. Die Auswertung der Kriterien (DIAG, SIDE, AXLE, Δf_p) erfolgt ebenfalls geschwindigkeits- und radmomentenabhängig.

Alle bekannten Systeme zur Reifendrucküberwachung per Frequenzanalyse basieren auf dem physikalischen Nutzeffekt einer druckbedingten Verschiebung einer charakteristischen Torsionseigenfrequenz. Die genaue Lage der Torsionseigenfrequenz f_p ist ebenso wie die Druckempfindlichkeit df_p/dp eine Reifeneigenschaft, somit nehmen beide Größen für verschiedene Reifentypen unterschiedliche Werte an. Typischerweise kann die Torsionseigenfrequenz f_p für verschiedene Reifen beim selben Druck im Bereich von etwa 33 bis etwa 48 Hz schwanken. Die Werte der Druckempfindlichkeit df_p/dp schwanken

- 11 -

für dieselben Reifen im Bereich von etwa 4 bis etwa 8 Hz je 1 bar Reifenluftdruck.

Da der Reifentyp in der Regel nicht bekannt ist und für normale Fahrzeuge in der Regel eine Vielzahl von Reifendimensionen und -typen eingesetzt werden dürfen, muss ein herkömmliches System dies tolerieren. Dies führt einerseits dazu, dass die Frequenzanalyse in einem breiten Frequenzbereich, nämlich in diesem Fall z. B. etwa 20 bis etwa 60 Hz mit hoher Auflösung, z. B. 0,5 Hz (entspricht 81 Frequenzen) betrieben werden muss. Die Anzahl der zu berücksichtigenden Frequenzen legt dabei direkt die Anforderungen an den Rechner fest, auf dem der Algorithmus ausgeführt wird. Hier sind vor allem der Arbeitsspeicher (RAM) und die Laufzeit betroffen.

Wird, wie es in einer zweiten bevorzugten Ausführungsform vorgesehen ist, in einer vorgeschalteten Lernphase zuerst nur die ungefähre Frequenzlage der Torsionseigenfrequenz f_p bestimmt, so ist das erfindungsgemäße Verfahren besonders ressourcenschonend. Hierbei wird in einer zeitlich kurzen, ersten Lernphase zunächst die grobe Lage der Torsionseigenfrequenz f_p in einem weiten Frequenzbereich (z. B. 20 bis 60 Hz) mit einer groben Frequenzauflösung, z. B. 1 Hz (entspricht 41 Frequenzschritte) bestimmt. Anschließend wird nun der relevante Frequenzbereich für die eigentliche Lernphase festgelegt, z. B. zu $f_p - 15 \text{ Hz} < f < f_p + 5 \text{ Hz}$, wobei hier nun eine Frequenzauflösung von 0,5 Hz möglich ist, um dieselbe Anzahl Frequenzschritte (41) auszunutzen. Die erforderlichen Ressourcen können mit diesem Verfahren somit halbiert werden, wobei allein der Nachteil einer insgesamt etwas längeren Lernphase in Kauf genommen werden muss.

Die Abhängigkeit der Druckempfindlichkeit df_p/dp vom Reifen führt in heutigen Systemen, welche eine Druckwarnung direkt auf Basis der Ergebnisse der Frequenzanalyse auslösen, dazu, dass die Einhaltung fester Minderdruck-Warnschwellen nicht erreicht werden

- 12 -

kann. In der Applikation des Algorithmus kann nur eine feste Warnschwelle hinsichtlich der Frequenzverschiebung, z. B. $\Delta f_{\text{warn}} = 3$ Hz, verwendet werden, die als Kompromiss über die möglichen Reifen für das betrachtete Fahrzeug gewählt wird. Diese Warnschwelle führt nun abhängig vom Reifen zu verschiedenen Warnminderdrücken, nämlich beispielsweise -0,75 bar für den unempfindlichen Reifen mit einer Druckempfindlichkeit von $df_p/dp = 4$ Hz/bar und beispielsweise -0,375 bar für empfindliche Reifen mit der doppelten Druckempfindlichkeit von $df_p/dp = 8$ Hz/bar.

Durch eine dritte bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Minderdruckwarnung bei gleichen Drücken für alle Reifen erreicht. In dieser Ausführung wird die Frequenzanalyse nicht nur zum Anpassen der Warnschwellen des DDS herangezogen, sondern direkt zur Druckbewarnung eingesetzt. Charakteristisch ist, dass für die zu bewarnende Frequenzverschiebung Δf_{warn} im Algorithmus nur ein Startwert, z. B. 3 Hz, hinterlegt wird. Die wirklich verwendete Warnschwelle S_f wird dann in einem zusätzlich ablaufenden Lernalgorithmus reifenabhängig adaptiert. Hierbei wird der Effekt ausgenutzt, dass sich Reifen im Betrieb so stark aufgrund der Walkarbeit erwärmen können, dass sich eine Druckerhöhung von bis zu 0,3 bar einstellt. Wird z. B. zunächst ein Reifen weitgehend kalt bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 40 km/h eingelernt und dann im Anschluss an eine längere Autofahrt warm wieder bei 40 km/h betrieben, so ist eine Erhöhung der Torsionseigenfrequenz aufgrund des höheren Luftdrucks zu erkennen. Der oben im Beispiel genannte empfindliche Reifen zeigt dann eine Verschiebung der Torsionseigenfrequenz um etwa 2,4 Hz, der unempfindliche nur um etwa 1,2 Hz. Erfolgt nun z. B. aufgrund einsetzenden Regens eine erneute Abkühlung der Reifen, so wirkt sich dies in genau umgekehrter Weise aus.

Eine entscheidende Voraussetzung für die Ausnutzung dieses Effekts ist somit, genau detektieren zu können, wann aufgewärmte Reifen vorliegen bzw. wann die Reifen kalt sind. In dem erfindungsgemäßen

- 13 -

Verfahren wird hierbei der Effekt ausgenutzt, das Aufwärm- und Abkühlvorgänge immer alle vier Reifen am Fahrzeug betreffen, d. h. stellt man eine einheitliche Erhöhung der Torsionseigenfrequenz f_p an allen vier Rädern fest, so ist davon auszugehen, dass die Reifen warm sind. Verringert sich die Torsionseigenfrequenz f_p dagegen an allen vier Rädern gleichzeitig und verharnt dann auf einem Wert, so ist von kalten Reifen z. B. aufgrund von Regen oder allgemeiner Abkühlung auszugehen. Wenn sich demgegenüber die Torsionseigenfrequenz f_p an allen vier Rädern gleichzeitig verringert und nicht auf einem Wert verharnt, so ist von einem gleichzeitigen Druckverlust an allen vier Rädern auszugehen. Veränderungen, die nur einzelne Reifen betreffen werden nicht ausgenutzt. Hierbei wird also nicht nur der Absolutwert der Torsionseigenfrequenzen herangezogen, sondern insbesondere das Verhalten der Torsionseigenfrequenzen über der Zeit bewertet.

In einer ersten einfachen Ausgestaltung der dritten Ausführungsform können damit allein Maximal- und Minimalwerte der Torsionseigenfrequenz f_p zur Entscheidung über die Empfindlichkeit herangezogen werden. Hierbei geht man davon aus, dass sich im normalen Fahrbetrieb ein jeder Zustand (warm und kalt) einmal einstellen wird.

In einer zweiten genaueren Ausgestaltung der dritten Ausführungsform wird darüber hinaus die Außentemperatur verwendet, um das aktuelle Temperaturniveau gegenüber dem Temperaturniveau zum Zeitpunkt des Resets, sowie das Aufwärmpotential abhängig vom Zustand der Umgebung bewerten zu können. Sofern der Algorithmus in einem Bremsensteuergerät ausgeführt wird, kann für die Außentemperatur die im Steuergerät per bereits vorhandenem Sensor gemessene Temperatur verwendet werden. Andernfalls kann auch die Außentemperatur vom Fahrzeugbus, z. B. CAN, benutzt werden. Außerdem wird innerhalb eines jeden Zündungslaufs eine Bewertung der Walkenergie der Reifen vorgenommen, die im wesentlichen vom Geschwindigkeitsprofil

- 14 -

abhängt (z. B. aufintegrieren der Rotationsenergien). Hierüber kann die erwartete Druckerhöhung abgeschätzt werden.

In einer dritten Ausgestaltungsform der dritten Ausführungsform wird darüber hinaus die Fahrzeugstandzeit vor dem aktuellen Zündungslauf mit herangezogen, um sicherer bewerten zu können, ob mit warmen oder kalten Reifen gestartet wurde. Diese Standzeit kann z. B. durch einen Nachlauf des Rechners über das „Zündung aus“ Signal hinaus ermittelt werden. In der Praxis wird aus Gründen der Schonung der Fahrzeugbatterie vermutlich ein Nachlauf von maximal 30 min ausreichen. Oder die Uhrzeit wird - sofern verfügbar - direkt vom Fahrzeugbus, z. B. CAN, eingelesen. Zur Stützung der Annahme einer regenbedingten Abkühlung der Reifen können darüber hinaus Signale eines Regensensors vom Fahrzeugbus eingelesen werden.

Durch die Kombination des indirekt messenden Reifendrucküberwachungssystems (DDS) mit der Frequenzanalyse (FA) kann sowohl eine verbesserte Genauigkeit zur Erkennung von Druckverlusten erreicht werden, als auch die Robustheit des Gesamtsystems gegen Fehlwarnungen erhöht werden. Dies wird dadurch erreicht, dass die Informationen der einzelnen Systeme DDS und FA jeweils zur gegenseitigen Absicherung einer von einem Einzelsystem ausgesprochenen Druckwarnung herangezogen werden. Dies kann zum Beispiel durch Verwendung des oben beschriebenen Korrelationswertes K geschehen. Die gegenseitige Absicherung findet ihre Anwendung allerdings nur für kleinere Druckverluste, die im Rahmen feiner Warnschwellen für beide Systeme (DDS und FA) liegen. Um große Druckverluste in jedem Fall sicher bewarnen zu können, wird für beide Systeme (DDS und FA) eine grobe Warnschwelle verwendet, nach deren Überschreiten eine Absicherung durch das andere System nicht mehr erforderlich ist, sondern immer eine Warnung ausgegeben wird.

Die Strategie, nach der in dieser Ausführungsform eine Warnung an den Fahrer in Abhängigkeit von den Systemzuständen von FA und DDS ausgegeben wird, ist in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

- 15 -

Während die erste Tabelle die grobe Logik erläutert, sind in der zweiten Tabelle Zahlenbeispiele genannt. Die angegebenen Prozentzahlen zeigen dabei an, wie nah das jeweilige Kriterium von DDS (DIAG, SIDE, AXLE) und FA (Δf_p) sich der Warnschwelle genähert hat. In diesem Beispiel ist 100 % die feine Schwelle, 150 % der feinen Schwelle entspricht der groben Schwelle. Ausnutzung von 50 % der feinen Schwelle ist ausreichend als Bestätigung.

Warnung an Fahrer	Zustand DDS	Zustand FA
Ja	beliebig	Warnung (grobe Schwelle)
Ja	Warnung (grobe Schwelle)	beliebig
Ja	Warnung (feine Schwelle)	Warnschwelle (fein) auf min. einem Reifen > x % (z. B. x=50)
nein	Warnung (feine Schwelle)	Warnschwelle (fein) an keinem Reifen > x % (z. B. x=50)
nein	DDS Raderkennung zeigt andere Position(en) oder Warnschwelle bzw. Schwel- le (fein) für Raderken- nung für betroffene Reifen < x% (z. B. x=50 bzw. abhängig von Zustand FA)	Warnung (feine Schwelle) für ein bis drei Positionen
Ja	Schwelle (fein) für Raderkennung für betrof- fene Reifen < x % (z. B. x=50 bzw. abhängig von Zustand FA)	Warnung (feine Schwelle) für ein bis drei Positionen
Ja	beliebig	Warnung (feine Schwelle) an allen vier Reifen

Anzahl Druck- ver- luste	Δf (in % der Warnschwelle, $\Delta f_{p,n}$)				DDS (% Warnschwel- le, $\Delta U_{i,n}$)				War- nung	Kommentar
	VL	VR	HL	HR	VL	VR	HL	HR		
1	100	0	0	0	50	0	0	0	j	DDS bestätigt Tendenz, feine Warnschwelle erlaubt
1	0	100	0	0	0	10	0	0	n	DDS bestätigt Tendenz nicht, nur grobe Warn- schwelle
1	0	0	150	0	0	0	10	0	j	über grober Warnschwel- le, Bestätigung durch DDS nicht nötig
2	100	100	0	0	50	50	0	0	j	DDS bestätigt Tendenz, feine Warnschwelle erlaubt
2	0	0	100	100	0	0	10	10	n	DDS bestätigt Tendenz nicht, nur grobe Warn- schwelle
2	0	150	0	150	0	10	0	10	j	über grober Warnschwel- le, Bestätigung durch DDS nicht nötig
3	100	100	100	0	50	50	50	0	j	
3	0	100	100	100	0	10	10	10	n	DDS bestätigt Tendenz nicht, nur grobe Warn- schwelle
3	150	100	100	0	10	10	10	0	j	über grober Warnschwel- le, Bestätigung durch DDS nicht nötig

- 17 -

4	100	100	100	100	0	0	0	0	j	Warnung mit feiner Schwelle, da vier mal bestätigt
4	75	125	75	75	0	20	10	10	j	Warnung mit feiner Schwelle, da vier mal bestätigt

Für viele Fahrzeuge treten unterschiedliche Empfindlichkeiten gegenüber einem Druckverlust für die angetriebene Achse und die freirollende Achse auf. Wie oben beschrieben betrifft dies für die Frequenzanalyse und für DDS in der Regel unterschiedliche Positionen, d. h. für die Frequenzanalyse kann die angetriebene Achse empfindlicher sein, für DDS dagegen unempfindlicher. In diesem Fall kann das System so ausgelegt werden, dass die verwendeten Schwellwerte für die Druckwarnung S_U und S_F achsspezifisch verwendet werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur indirekten Reifendrucküberwachung, **gekennzeichnet** durch die Schritte:
 - Einlernen von Prüfgrößen (DIAG, SIDE, AXLE), welche die Rad-drehbewegungen der Räder beschreiben,
 - Bestimmen von Abrollumfangsdifferenzen (Δ DIAG, Δ SIDE, Δ AXLE) aus aktuell ermittelten Prüfgrößen und den eingelernten Prüfgrößen,
 - Einlernen mindestens einer Torsionseigenfrequenz f_p für mindestens einen Reifen aus dem Schwingungsverhalten der einzelnen Reifen,
 - Bestimmen mindestens einer Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p aus mindestens einer aktuell ermittelten Torsionseigenfrequenz und aus der mindestens einen eingelernten Torsionseigenfrequenz, und
 - Verknüpfen der Abrollumfangsdifferenzen (Δ DIAG, Δ SIDE, Δ AXLE) mit der mindestens einen Verschiebung der Torsionseigenfrequenz f_p in einer gemeinsamen Warnstrategie zur Erkennung und Bewarnung eines Reifenluftdruckverlusts.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einlernen erst nach einem automatisch oder manuell erzeugtem Signal (Reset) gestartet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einlernen während des Aufwärmens und/oder des Abkühlens der Reifen durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einlernen in mehreren verschiedenen Geschwindigkeits- und/oder Radmomenten- und/oder Querschleunigungsintervallen durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zunächst nur die ungefähre Lage der Torsionseigenfrequenz f_p in einem großen Frequenzbereich, insbesondere im Frequenzbereich von etwa 20 Hz bis etwa 60 Hz, mit einer groben Frequenzauflösung, insbesondere mit einer Frequenzauflösung von etwa 1 Hz, bestimmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass anschließend um die ungefähre Lage der Torsionseigenfrequenz f_p ein Bereich definiert wird, in welchem die genaue Lage der Torsionseigenfrequenz f_p mit einer feinen Frequenzauflösung, insbesondere mit einer Frequenzauflösung von etwa 0,5 Hz, bestimmt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vollständige Aufwärmen und/oder Abkühlen der Reifen aus einer einheitlichen Erhöhung bzw. Verringerung der Torsionseigenfrequenzen f_p aller Reifen auf einen nahezu konstanten Endwert erkannt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Veränderung der Außen- bzw. Umgebungstemperatur im Hinblick auf das Aufwärmen/ Abkühlen der Reifen ausgewertet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Regensensor im Hinblick auf das Aufwärmen/ Abkühlen der Reifen ausgewertet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass über die Länge einer Fahrzeugstandzeit Informationen über den Zustand (kalt oder warm) der Reifen gewonnen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Warnung hinsichtlich eines Reifenluftdruckverlusts ausgegeben

- wird, wenn zumindest eine Abrollumfangsdifferenz (ΔDIAG , ΔSIDE , ΔAXLE) oder mindestens eine Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p eine zuvor festgelegte grobe Schwelle überschreitet.
12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Warnung hinsichtlich eines Reifenluftdruckverlusts ausgegeben wird, wenn die Verschiebungen der Torsionseigenfrequenzen Δf_p aller Räder eine zuvor festgelegte feine Schwelle überschreiten.
 13. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Warnung hinsichtlich eines Reifenluftdruckverlusts ausgegeben wird, wenn sowohl mindestens eine Abrollumfangsdifferenz (ΔDIAG , ΔSIDE , ΔAXLE), als auch mindestens eine Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p zuvor festgelegte feine Schwellen überschreiten.
 14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass nur dann eine Warnung hinsichtlich eines Reifenluftdruckverlusts ausgegeben wird, wenn die Korrelation zwischen den Abrollumfangsdifferenzen (ΔDIAG , ΔSIDE , ΔAXLE) und den Verschiebungen der Torsionseigenfrequenz Δf_p einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, welcher mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auf einen Reifenluftdruckverlust hindeutet.
 15. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der gemeinsamen Warnstrategie die (Warn-) Schwellen der Abrollumfangsdifferenzen (ΔDIAG , ΔSIDE , ΔAXLE) zur Warnung hinsichtlich eines Reifenluftdruckverlusts in Abhängigkeit von der Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p angepasst werden.
 16. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der gemeinsamen Warnstrategie die (Warn-) Schwellen der Abrollum-

fangsdifferenzen (ΔDIAG , ΔSIDE , ΔAXLE) zur Warnung hinsichtlich eines Reifenluftdruckverlusts in Abhängigkeit von der Verschiebung der Torsionseigenfrequenz Δf_p und der Korrelation zwischen den Abrollumfangsdifferenzen (ΔDIAG , ΔSIDE , ΔAXLE) und den Verschiebungen der Torsionseigenfrequenz Δf_p angepasst werden.

17. Computerprogrammprodukt, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses einen Algorithmus definiert, welcher ein Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16 umfasst.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/050450

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B60C23/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B60C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 832 768 A (DENSO CORPORATION; NIPPON SOKEN, INC) 1 April 1998 (1998-04-01)	1, 17
A	column 5 - column 21 figures 1-13	2-16
X	EP 0 925 960 A (DENSO CORPORATION) 30 June 1999 (1999-06-30)	1, 17
A	column 5 - column 27 figures 1, 2, 4, 5, 12, 13, 15, 17, 24	2-16
A	WO 01/87647 A (NIRA AUTOMOTIVE AB; GUSTAFSSON, FREDRIK) 22 November 2001 (2001-11-22) cited in the application the whole document	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 April 2005

Date of mailing of the international search report

03/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Billen, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/050450

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0832768	A	01-04-1998	JP	3333693 B2	15-10-2002
			JP	10100624 A	21-04-1998
			JP	3333698 B2	15-10-2002
			JP	10129222 A	19-05-1998
			DE	69714930 D1	02-10-2002
			DE	69714930 T2	28-05-2003
			EP	0832768 A2	01-04-1998
			US	5982279 A	09-11-1999

EP 0925960	A	30-06-1999	JP	3550998 B2	04-08-2004
			JP	11198619 A	27-07-1999
			JP	3438599 B2	18-08-2003
			JP	11235908 A	31-08-1999
			EP	0925960 A2	30-06-1999
			US	6385553 B1	07-05-2002

WO 0187647	A	22-11-2001	AU	4897601 A	26-11-2001
			AU	5071501 A	23-10-2001
			EP	1272365 A1	08-01-2003
			EP	1274613 A1	15-01-2003
			SE	523023 C2	23-03-2004
			SE	0002212 A	13-12-2001
			WO	0176925 A1	18-10-2001
			WO	0187647 A1	22-11-2001
			SE	525267 C2	18-01-2005
			SE	0302647 A	07-10-2003
			US	2003172728 A1	18-09-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/050450

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B60C23/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B60C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 832 768 A (DENSO CORPORATION; NIPPON SOKEN, INC) 1. April 1998 (1998-04-01)	1,17
A	Spalte 5 - Spalte 21 Abbildungen 1-13	2-16
X	EP 0 925 960 A (DENSO CORPORATION) 30. Juni 1999 (1999-06-30)	1,17
A	Spalte 5 - Spalte 27 Abbildungen 1,2,4,5,12,13,15,17,24	2-16
A	WO 01/87647 A (NIRA AUTOMOTIVE AB; GUSTAFSSON, FREDRIK) 22. November 2001 (2001-11-22) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-17



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. April 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Billen, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050450

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0832768 A	01-04-1998	JP 3333693 B2	15-10-2002
		JP 10100624 A	21-04-1998
		JP 3333698 B2	15-10-2002
		JP 10129222 A	19-05-1998
		DE 69714930 D1	02-10-2002
		DE 69714930 T2	28-05-2003
		EP 0832768 A2	01-04-1998
		US 5982279 A	09-11-1999
EP 0925960 A	30-06-1999	JP 3550998 B2	04-08-2004
		JP 11198619 A	27-07-1999
		JP 3438599 B2	18-08-2003
		JP 11235908 A	31-08-1999
		EP 0925960 A2	30-06-1999
		US 6385553 B1	07-05-2002
WO 0187647 A	22-11-2001	AU 4897601 A	26-11-2001
		AU 5071501 A	23-10-2001
		EP 1272365 A1	08-01-2003
		EP 1274613 A1	15-01-2003
		SE 523023 C2	23-03-2004
		SE 0002212 A	13-12-2001
		WO 0176925 A1	18-10-2001
		WO 0187647 A1	22-11-2001
		SE 525267 C2	18-01-2005
		SE 0302647 A	07-10-2003
		US 2003172728 A1	18-09-2003